

# PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA *EDIBLE FILM* BERBAHAN DASAR PATI GANDUM

*(Effects of sorbitol addition to physicochemical characteristics of wheat starch based edible film)*

Diva Nathania Riyanto<sup>a\*</sup>, Adrianus Rulianto Utomo<sup>a</sup>, Erni Setijawati<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia

\* Penulis korespondensi  
Email: [diva.licious@hotmail.com](mailto:diva.licious@hotmail.com)

## ABSTRACT

The usage of plastics as food packaging is very widely used in Indonesia. Plastic is a packing material which still dominates because as a good barrier properties against oxygen, carbon dioxide and water vapor. The weakness of this plastic is its non biodegradable characteristic so to overcome this problem, an alternate packaging material is developed by making the packaging biodegradable and edible. Wheat starch granule has a lipid amount of 0,7 to 1,4%, wheat starch has amylose content quite high at 25%. The existence of lipid which will tend to complex with the amylose of the starch and reduce its water-binding capacity. This study aimed to determine the effects of sorbitol on the physicochemical characteristics of the edible film. This study uses a mathematical data analysis regression which consists of a single factor, the addition of sorbitol concentration factor with seven levels of treatment: 1%; 1,2%; 1,4%; 1,6%; 1,8%; 2%; 2,2% (w/w). Edible film has water content 5.7 - 11.46% ; percent elongation 2,56 - 11,94% ; percent of dissolution 39,14 – 64,04% ; water vapor permeability  $5,49 \times 10^{-9}$  –  $1,67 \times 10^{-9}$  g/m.h.Pa, and tensile strength 132,04 – 339,15 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** packaging, edible film, wheat starch, sorbitol

## ABSTRAK

Pembuatan *edible film* dengan berbagai macam pati dapat digunakan, namun kelemahannya yaitu bersifat hidrofilik dan memiliki kelarutan terhadap air tinggi. Granula pati gandum memiliki jumlah lipid sebesar 0,7 - 1,4%, pati gandum juga memiliki jumlah amilosa cukup tinggi yaitu sebesar 25%. Keberadaan lipid dan amilosa tersebut mampu membentuk suatu kompleks yang mampu menurunkan kemampuan untuk mengikat air, sehingga jika digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* akan memiliki kelarutan yang rendah terhadap air. *Edible film* dengan bahan dasar pati gandum masih memiliki kelemahan yaitu kurang elastis, sehingga perlu ditambahkan sorbitol sebagai *plasticizer* agar dihasilkan *edible film* yang lebih elastis dan tidak mudah rapuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan sorbitol terhadap karakteristik fisikokimia *edible film* yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode analisis data matematis yaitu analisis regresi yang terdiri dari satu faktor yaitu faktor penambahan konsentrasi sorbitol dengan tujuh level perlakuan yaitu sebesar 1 %; 1,2%; 1,4%; 1,6%; 1,8%; 2%; 2,2% (b/b). Parameter yang akan diujikan adalah kadar air, kuat tarik, persen pemanjangan, permeabilitas uap air dan persen kelarutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sorbitol dapat meningkatkan kadar air, persen pemanjangan, persen kelarutan dan permeabilitas uap air, serta menurunkan nilai kuat tarik. Nilai kadar air berkisar 5,7 - 11,46% ; nilai persen pemanjangan 2,56 - 11,94% ; nilai persen kelarutan 39,14 – 64,04% ; nilai permeabilitas uap air  $5,49 \times 10^{-9}$  –  $1,67 \times 10^{-9}$  g/m.h.Pa, serta nilai kuat tarik sebesar 132,04 – 339,15 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** kemasan, *edible film*, pati gandum, sorbitol

## PENDAHULUAN

Kemasan plastik sebagai pengemas makanan telah menjadi fokus utama dalam upaya untuk mengurangi limbah (Larotonda, 2007). *Edible film* dapat digunakan sebagai salah satu alternatif kemasan makanan yang bersifat ramah lingkungan dan dapat mempertahankan kualitas makanan. *Edible film* merupakan lapisan tipis yang melapisi suatu bahan pangan dan layak dimakan, serta dapat digunakan untuk mengemas suatu produk pangan. Pada penelitian ini digunakan pati gandum dengan alasan granula pati gandum mengandung lipid sebesar 0,7-1,4% diantaranya glikolipid dan fosfolipid (Morison, 1989). Keberadaan lipid tersebut menyebabkan karakteristik granulanya bersifat hidrofobik serta mampu membentuk senyawa kompleks dengan amilosa dan dapat menurunkan kemampuannya untuk mengikat air. Pembuatan *edible film* dilakukan dengan menggabungkan pati gandum dan sorbitol karena peneliti ingin menghasilkan *edible film* yang kuat, elastis, tidak mudah rapuh serta kelarutannya terhadap air rendah. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan akan menghasilkan *edible film* yang memiliki karakteristik fisikokimia yang baik.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

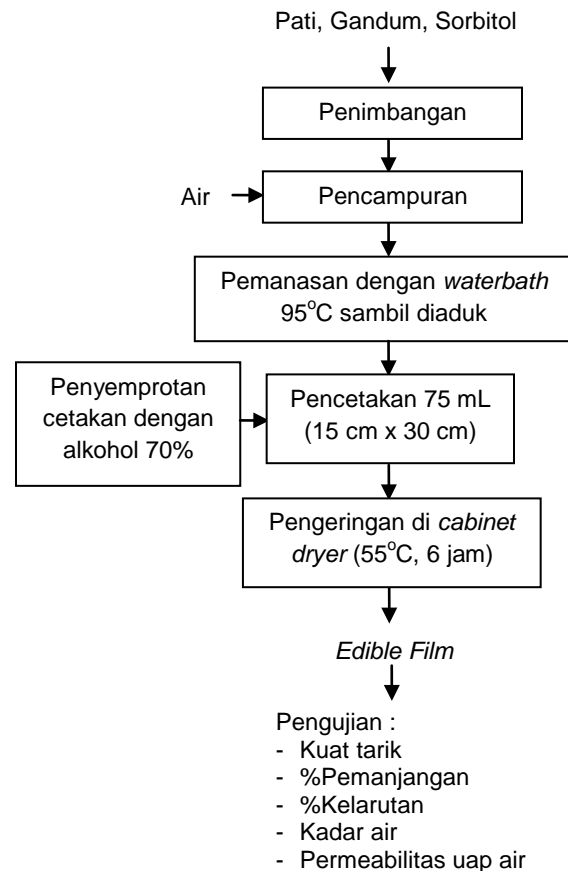
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati gandum diperoleh dari PT. ILUFAT, sorbitol diperoleh dari PT. Cargill dan air minum dalam kemasan (AMDK) diperoleh dari swalayan di Surabaya.

### Pembuatan *Edible Film*

Proses pembuatan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 1.

### Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode analisis data dalam bentuk model matematis. Model dipilih sesuai dengan batas nilai  $r >$



Gambar 1. Tahapan Pembuatan *Edible Film* Berbahan Dasar Pati Gandum

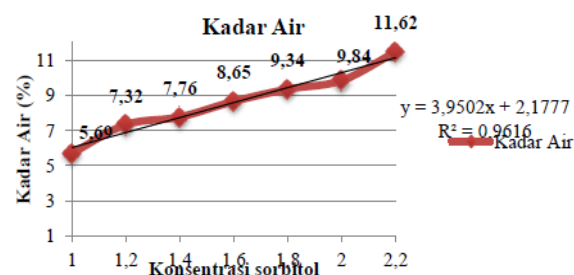
0,8. Pemilihan  $r > 0,8$  dikarenakan semakin tinggi nilai  $r$  maka secara otomatis nilai  $R^2$  mendekati 1, sehingga semakin besar pula keandalan model yang digunakan. Pengujian kuat tarik dan persen pemanjangan dilakukan di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (Jl. Sukonandi no. 9, Jogjakarta). Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 882. Pengujian kadar air dianalisis dengan metode thermogravimetri yang mengacu pada AOAC. Pengujian persen kelarutan dihitung dengan melarutkan sampel pada air bersuhu 80°C dan ditimbang berat keringnya. Pengujian permeabilitas uap air dilakukan dengan mengkondisikan sampel pada suasana jenuh dan dihitung laju permeabilitas uap airnya.

### Analisis Statistik

Rancangan ini terdiri dari satu faktor yaitu faktor penambahan konsentrasi sorbitol, yang terdiri dari tujuh level perlakuan 1%; 1,2%; 1,4%; 1,6%; 1,8%; 2%; 2,2% dari volume suspensi pati (b/b). Pengulangan dilakukan sebanyak 3 tiga kali.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kadar air *edible film* dengan bahan dasar pati gandum dengan penambahan sorbitol berkisar antara 5,69 – 11,62%. Hasil model matematis regresi linear untuk pengujian kadar air diperoleh persamaan dengan nilai  $y = 3,9502x + 2,1777$  dengan nilai  $R^2 = 0,9616$  yang menunjukkan bahwa perubahan kadar air dipengaruhi 96,16% oleh sorbitol dan nilai  $r$  yaitu sebesar 0,9806 yang menunjukkan bahwa hubungan yang sangat erat antara perlakuan penambahan sorbitol terhadap kadar *edible film*. Intersep sebesar 2,1777 menunjukkan apabila penambahan sorbitol sebesar 0% akan menghasilkan nilai  $y$  atau kadar air sebesar intersep tersebut. *Slope* sebesar 3,9502 menunjukkan nilai rata-rata kadar air akan meningkat sebesar 3,9502% untuk setiap kenaikan penambahan sorbitol. Grafik uji linear untuk pengaruh penambahan sorbitol terhadap kadar air *edible film* dapat dilihat pada Gambar 1.

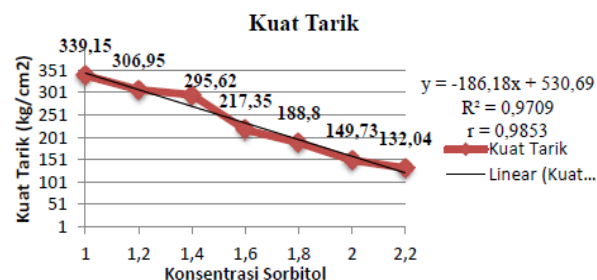


Gambar 1. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kadar Air *Edible Film*

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa penambahan sorbitol hingga 2,2% akan meningkatkan kadar air. Sorbitol merupakan *plasticizer* yang mempunyai gugus OH, keberadaan gugus OH tersebut bersifat hidrofilik yang mampu mengikat air. Selama pengeringan disuhu ruang, gugus

OH sorbitol tersebut mampu mengikat air. Setelah dilakukan pengujian kadar air dengan metode thermogravimetri, keberadaan air tersebut tidak dapat dipertahankan sehingga akan diuapkan. Oleh karena itu, semakin banyak sorbitol yang ditambahkan maka semakin banyak pula air yang akan teruapkan. Jumlah gugus OH pada matriks *edible film* juga dipengaruhi oleh jumlah amilosa dan amilopektin pada pati gandum. Pati gandum memiliki rasio amilosa:amilopektin yaitu 1:3. Menurut Pomeranz (1991) amilopektin memiliki kemampuan memerangkap air lebih banyak dibandingkan dengan amilosa namun kurang dapat mempertahankannya.

Pengujian kuat tarik *edible film* menggunakan metode uji ASTM D 882. Hasil kuat tarik *edible film* berkisar antara 121,02 - 355,37 kg/cm<sup>2</sup> yang dapat dilihat pada Lampiran B. Nilai yang semakin besar menunjukkan bahwa nilai kuat tarik *edible film* yang diuji juga semakin kuat karena dibutuhkan gaya yang besar untuk menarik. Grafik hasil uji regresi linear untuk pengaruh penambahan sorbitol yang ditambahkan terhadap kuat tarik *edible film* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Kuat Tarik *Edible Film*

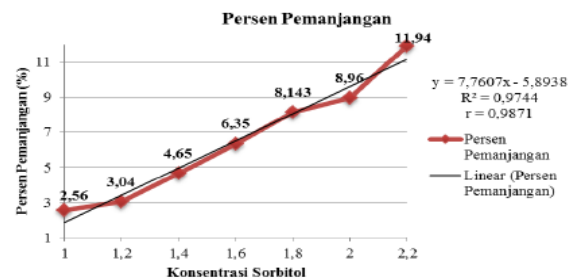
Berdasarkan hasil regresi linear pengujian kuat tarik diperoleh persamaan  $y = -186,18x + 530,69$  dengan nilai  $R^2 = 0,9709$  yang menunjukkan perubahan kuat tarik dipengaruhi 97,09% oleh sorbitol. *Slope* yaitu -186,18 berarti nilai rata-rata kuat tarik menurun sebesar 186,18 kg/cm<sup>2</sup> untuk setiap kenaikan konsentrasi sorbitol. Intersep sebesar 530,69 menunjukkan bahwa apabila penambahan konsentrasi sorbitol sebesar

0% akan menghasilkan nilai kuat tarik sebesar intersep tersebut. Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa penambahan sorbitol 1 – 2,2% akan menurunkan nilai kuat tarik *edible film*. Hasil pengujian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Purwanti (2010) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi sorbitol yang ditambahkan pada *edible film* menggunakan kitosan akan menghasilkan nilai kuat tarik yang semakin kecil. Penggunaan jenis *plasticizer* pada *edible film* juga akan mempengaruhi kuat tarik yang dihasilkan. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* menyebabkan molekul-molekul *plasticizer* di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul biopolimer menjadi semakin berkurang.

Hasil regresi linear pengujian persen pemanjangan diperoleh persamaan  $y = 7,7607x - 5,8938$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9744 yang menunjukkan bahwa perubahan persen pemanjangan dipengaruhi 97,44% oleh sorbitol yang ditambahkan pada *edible film*. Penambahan sorbitol mengakibatkan penambahan persen pemanjangan sebanyak rata-rata 7,7607% untuk setiap perlakuan. Nilai intersep yaitu -5,8938 menunjukan apabila penambahan sorbitol sebesar 0% akan menghasilkan persen pemanjangan sebesar nilai intersep tersebut. Grafik hasil uji regresi linear untuk pengaruh penambahan sorbitol terhadap persen pemanjangan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 3. dibawah ini.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa penambahan sorbitol 1 – 2,2% sebagai *plasticizer* akan meningkatkan pertambahan panjang *edible film* pada saat ditarik. Mekanisme sorbitol sebagai *plasticizer* yaitu karena sorbitol merupakan senyawa hidrofilik dengan berat molekul rendah yang dapat masuk kedalam jaringan intermolekuler polisakarida. Sorbitol dapat membuat jarak antar molekul semakin lebar dan menghasilkan sifat fleksibel dan

menurunkan tingkat kerapuhan *film* yang dihasilkan. Hasil pengujian ini sesuai dengan hasil pengujian kadar air. Penambahan sorbitol yang semakin banyak akan menghasilkan *edible film* yang memiliki kadar air lebih tinggi. Kadar air yang semakin tinggi akan menghasilkan sifat yang semakin lentur sehingga nilai persen pemanjangan *edible film* juga akan semakin meningkat.



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Persen Pemanjangan *Edible Film*

Menurut McHugh dan Krotcha (1994) dalam Akili dkk. (2012), penggunaan *plasticizer* cenderung menurunkan nilai kuat tarik dan meningkatkan persen pemanjangan pada *edible film*. Hasil persen pemanjangan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yuliani (2012) yaitu perlakuan penambahan sorbitol yang semakin tinggi akan meningkatkan kemuluran karena adanya peregangan ruang intermolekul struktur matriks *edible film*.

Permeabilitas uap air merupakan pergerakan uap air dalam unit waktu tertentu melalui suatu unit area pada suhu dan kelembaban tertentu. Laju transmisi uap air (*water vapour transmission rate/WVTR*) ditentukan dengan cara film yang akan diuji dilapisi pada gelas yang berisi 20 gram gel silika kering dan ditempatkan pada eksikator yang didalamnya berisi larutan NaCl jenuh ( $RH \pm 89\%$ ), uap air yang terdifusi melalui film akan diserap oleh silika gel sehingga akan menambah berat silika gel tersebut. Penimbangan dilakukan hingga hari ke tiga.

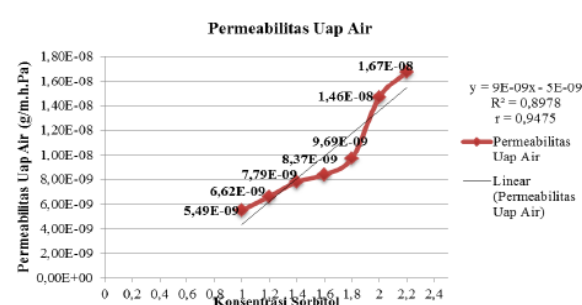
Hasil pengujian permeabilitas uap air didapatkan nilai berkisar  $6,0 \times 10^{-9}$  sampai  $1,6 \times 10^{-8}$  g/m.h.Pa. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier, sehingga diperoleh kurva regresi linear yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil regresi linear pengujian permeabilitas uap air *edible film* diperoleh persamaan  $y = 9 \times 10^{-9} x - 5 \times 10^{-9}$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,8978 yang menunjukkan bahwa perubahan permeabilitas uap air, dipengaruhi 89,78% oleh sorbitol yang ditambahkan pada *edible film*. Setiap penambahan sorbitol mengakibatkan penambahan nilai permeabilitas uap air sebanyak rata-rata  $9 \times 10^{-9}$  g/m.h.Pa untuk setiap perlakuan. Intersep sebesar  $-5 \times 10^{-9}$  menunjukkan bahwa apabila penambahan sorbitol sebesar 0% menghasilkan nilai permeabilitas uap air sebesar intersep tersebut.

Pada Gambar 4. dapat dilihat bahwa semakin banyak sorbitol yang ditambahkan pada *film* akan menyebabkan permeabilitas uap air *film* semakin besar. Peningkatan nilai permeabilitas uap air dikarenakan selain dari bahan dasar *film* yaitu pati gandum sendiri yang memiliki gugus OH sehingga bersifat hidrofilik, *plasticizer* berupa sorbitol juga bersifat hidrofilik sehingga transfer uap air dari lingkungan ke permukaan sampel film menjadi lebih cepat. Pengujian ini juga sesuai dengan pendapat Galletta, dkk. (1998) dan Khwaldia, dkk. (2004) yang menyatakan bahwa laju transmisi uap air meningkat seiring dengan meningkatnya *plasticizer* yang ditambahkan pada *edible film*.

Menurut Santoso (2004), pori-pori kecil mengakibatkan *film* berbahan dasar pati memiliki laju permeabilitas rendah terhadap uap air dan gas. Pati gandum memiliki sejumlah lipid 0,7-1,4% diantaranya glikolipid dan fosfolipid. Keberadaan lipid tersebut menyebabkan sifatnya yang hidrofobik sehingga mampu menghambat transfer uap air. Mekanisme sorbitol dalam mempengaruhi permeabilitas uap air *film* adalah memperbesar volume bebas antar rantai polimer sehingga mempermudah transfer molekul air (Donhowe dan

Fennema, 1993; McHugh dan Krochta, 1994).



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Permeabilitas Uap Air *Edible Film*

Pengujian persen kelarutan *edible film* pada penelitian ini dilakukan dengan mencelupkan sampel *edible film* pada air bersuhu 80°C. Hasil persen kelarutan berkisar 39,14 – 64,04% yang dapat dilihat pada Lampiran B. Hasil regresi linear pengujian persen kelarutan didapat persamaan  $y = 20,924x + 17,4090$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9740. Nilai koefisien determinasi tersebut menunjukkan bahwa perubahan persen kelarutan dipengaruhi 97,41% oleh sorbitol. Nilai  $r$  sebesar 0,9869 menunjukkan bahwa perlakuan penambahan sorbitol yang ditambahkan memberi hubungan yang sangat erat dengan persen kelarutan *edible film*, serta nilai positif menunjukkan bahwa hubungan antar kedua variabel tersebut searah. Setiap penambahan sorbitol mengakibatkan penambahan persen kelarutan rata-rata sebesar 20,924%. Nilai intersep 17,409 menunjukkan apabila penambahan sorbitol 0% akan menghasilkan persen kelarutan sebesar intersep tersebut. Grafik hasil uji regresi linear untuk pengaruh penambahan sorbitol terhadap persen kelarutan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 5.

Persen kelarutan tinggi dari *edible film* menunjukkan bahwa sorbitol memiliki afinitas yang kuat terhadap molekul air, serta berat molekul rendah membantu masuknya sorbitol diantara rantai polimer, sehingga meningkatkan volume ruang bebas antara rantai polimer (Sanyang, 2015). Menurut Bourtoom (2008), bahan-bahan pembentuk





Gambar 5. Pengaruh Penambahan Sorbitol terhadap Persen Kelarutan *Edible Film*

*edible film* yang bersifat hidrofilik ini akan lebih cepat larut dalam air dibandingkan dengan bahan yang bersifat hidrofobik seperti lilin lebah, wax, dan parafin. Pati gandum sendiri memiliki sejumlah lipid sebesar 0,7 - 1,4% sehingga juga memiliki sifat hidrofobik. Oleh karena itu, keberadaan lipid tersebut juga akan mengurangi kelarutan *edible film*.

## KESIMPULAN

Penambahan sorbitol 1-2,2% menunjukkan pengaruh serta hubungan yang sangat erat terhadap kadar air, kuat tarik, persen pemanjangan, permeabilitas uap air dan persen kelarutan *edible film*. Nilai kadar air berkisar 5,7-11,62%; nilai persen pemanjangan 2,56-11,94%; nilai persen kelarutan 39,14-64,04%; nilai permeabilitas uap air  $5,49 \times 10^{-9}$ - $1,67 \times 10^{-9}$  g/m.h.Pa, serta nilai kuat tarik sebesar 132,04-339,15 kg/cm<sup>2</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Averous, L. 2004. Biodegradable Multiphase System Based on Plasticized Starch: A Review, *Journal of Macromolecular Science*. United Kingdom.
- Bourtoom, T. 2008. Edible Film and Coatings; Characteristics and Properties, *Int. Food Res. J.*, 15 (3), 1-12.
- Donhowe, I.G. dan O. Fennema. 1994. *Edible Films and Coatings Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods*. Academic Press Inc. London.
- Galletta, G., D. Gioia., Guilbert., and Cuq. 1998. Mechanical and Thermomechanical Properties of Films Based on Whey Proteins as Affected by Plasticizer and Crosslinking Agents. *J. Dairy Sci*, 81:3123-3130.
- Krochta, J.M., A.B. Elisabeth, O.N.C. Myrna. 1994. *Edible Coating and Film to Improve Food Quality*. Technomic Publ. Co. Inc. Pennsylvania, USA.
- Krochta, J.M., De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities, *J. Food Technol.*, 51(2), 61-74.
- Larotonda, Fábio D.S. 2007. *Biodegradable Films and Coatings Obtained from Carrageenan from Mastocarpus stellatus and Starch from Quercus suber*. Thesis. Department of Chemical Engineering, University of Porto, Porto.
- Morisson, W. R. 1989. Uniqueness of Wheat Starch. Pages 193-214 in: *Wheat is Unique*. Y.
- Pomeranz, ed. Am. Assoc Cereal Chem.: St. Paul, MN Pomeranz Y. 1991. *Functional Properties of Food Components*. San Diego: Academic Press Inc.
- Wijayanti, A. dan Harijono. 2014. Pemanfaatan Tepung Garut (*Maranta arundinaceae*) sebagai Bahan Pembuatan Edible Paper dengan Penambahan Sorbitol. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol.3 (4):1367-1374. Diunduh 16 November 2014.
- Winarno, F.G., 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

**Lampiran B**  
**Hasil Pengujian *Edible Film***

**B.1. Tabel Hasil Pengujian Kadar Air**

Kadar Air (%)	Ulangan			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1%	6,1	5,38	5,62	5,7	0,3666
1,20%	7,57	7,15	7,25	732,333	0,21939
1,40%	7,86	7,77	7,66	77,633	0,1002
1,60%	8,82	8,49	8,65	865,333	0,16503
1,80%	9,78	9,15	9,11	93,467	0,3758
2,00%	9,96	9,78	9,78	9,84	0,10392
2,20%	11,33	11,55	12	116,267	0,34152

**B.2. Tabel Hasil Pengujian Permeabilitas Uap Air**

Permeabilitas Uap Air (g/m.h.Pa)	Ulangan			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1%	4,65E-09	5,68E-09	6,15E-09	5,49E-09	7,67E-10
1,20%	6,12E-09	6,62E-09	7,11E-09	6,62E-09	4,95E-10
1,40%	7,76E-09	6,71E-09	8,90E-09	7,8E-09	1,1E-09
1,60%	8,68E-09	9,11E-09	7,32E-09	8,4E-09	9,3E-10
1,80%	1,01E-08	9,26E-09	9,71E-09	9,69E-09	4,2E-10
2,00%	1,54E-08	1,37E-08	1,48E-08	1,5E-08	8,6E-10
2,20%	1,46E-08	1,98E-08	1,58E-08	1,7E-08	2,7E-09

**B.3. Tabel Hasil Pengujian Persen Kelarutan**

Persen Kelarutan (%)	Ulangan			Rata-rata	SD
	1	2	3		
1%	43,74	40,46	33,22	39,14	53,83
1,20%	38,76	43,39	39,36	40,50	25,18
1,40%	46,43	48,8	51,42	48,88	24,96
1,60%	53,44	47,84	47,41	49,56	33,64
1,80%	55,41	58,98	53,02	55,80	29,99
2,00%	60,76	58,85	55,22	58,27	28,14
2,20%	62,55	67,04	62,54	64,04	25,95

**B.4. Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik**

Kuat Tarik (kg/ cm <sup>3</sup> )	Ulangan			Rata-rata
	1	2	3	
1%	337,52	355,37	324,57	339,15
1,20%	270,61	323,12	327,13	306,95
1,40%	280,28	298,99	307,59	295,62
1,60%	249,18	207,51	195,36	217,35
1,80%	195,51	194,26	176,63	188,8
2,00%	137,87	155,39	155,93	149,73
2,20%	136,81	138,29	121,02	132,04

**B.5. Tabel Hasil Pengujian Persen Pemanjangan**

Persen Pemanjangan (%)	Ulangan			Rata-rata
	1	2	3	
1%	2,49	2,57	2,62	2,56
1,20%	2,99	3,13	3,02	3,04
1,40%	4,72	4,75	4,5	4,65
1,60%	6,2	6,37	6,49	6,35
1,80%	8,05	8,21	8,17	8,14
2,00%	8,98	8,72	9,1	8,91
2,20%	11,95	11,87	12	11,94